Royaume du Maroc
Ministère de l'Enseignement Supérieur,
de la Recherche Scientifique et de l'Innovation




# Chariot de golf autonome

**Réalisé par :** Anouar DAKH

**Code CNC :** AG043T

# Plan de présentation :

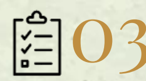
01

Introduction



02

Problematique



03

Cahier de charge

04

Objectifs

05

Conclusion



# Introduction :

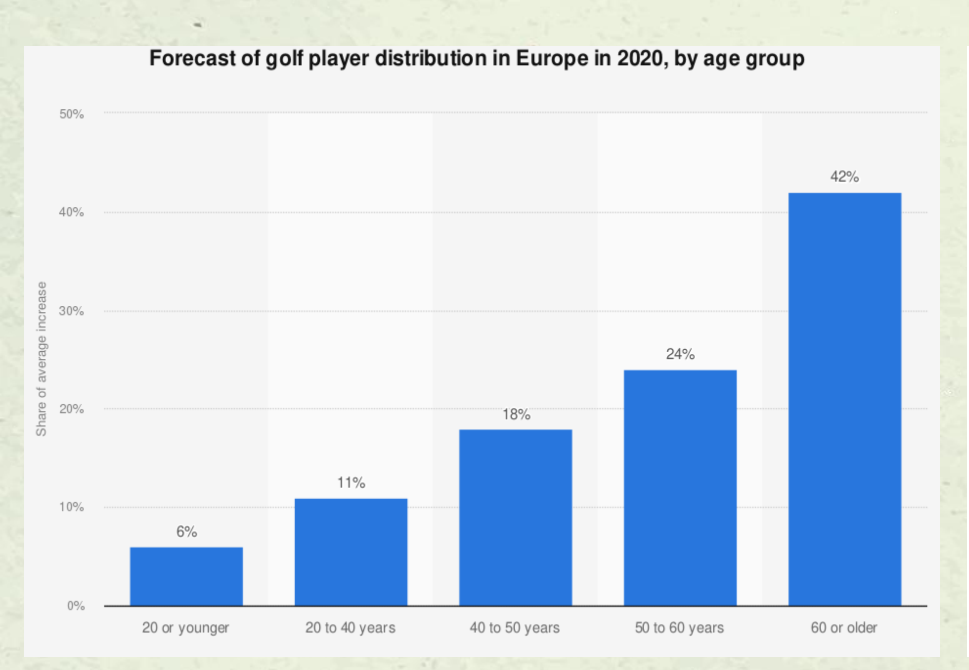



Fig 1 : Graphique des données démographiques des golfeurs par âge en Europe

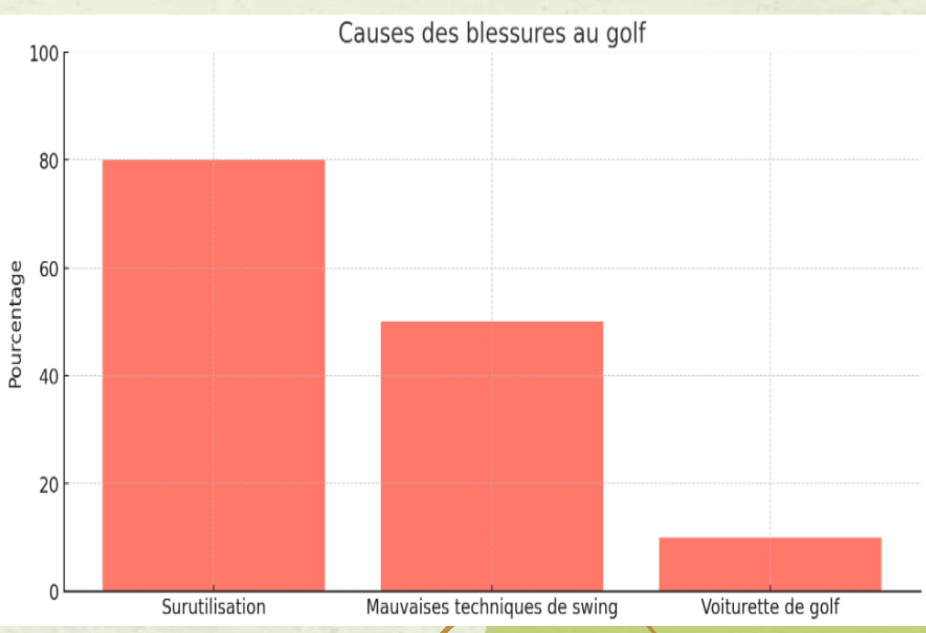



Fig 2 : Graphique des causes de blessures au Golf

# Introduction :



Fig 3 :  Golfeur portant un sac chariot





# Problématique

Comment développer un chariot de golf automatisé pour prévenir les blessures dorsales et optimiser le confort des joueurs tout au long de leur partie?

# Cahier de charge :

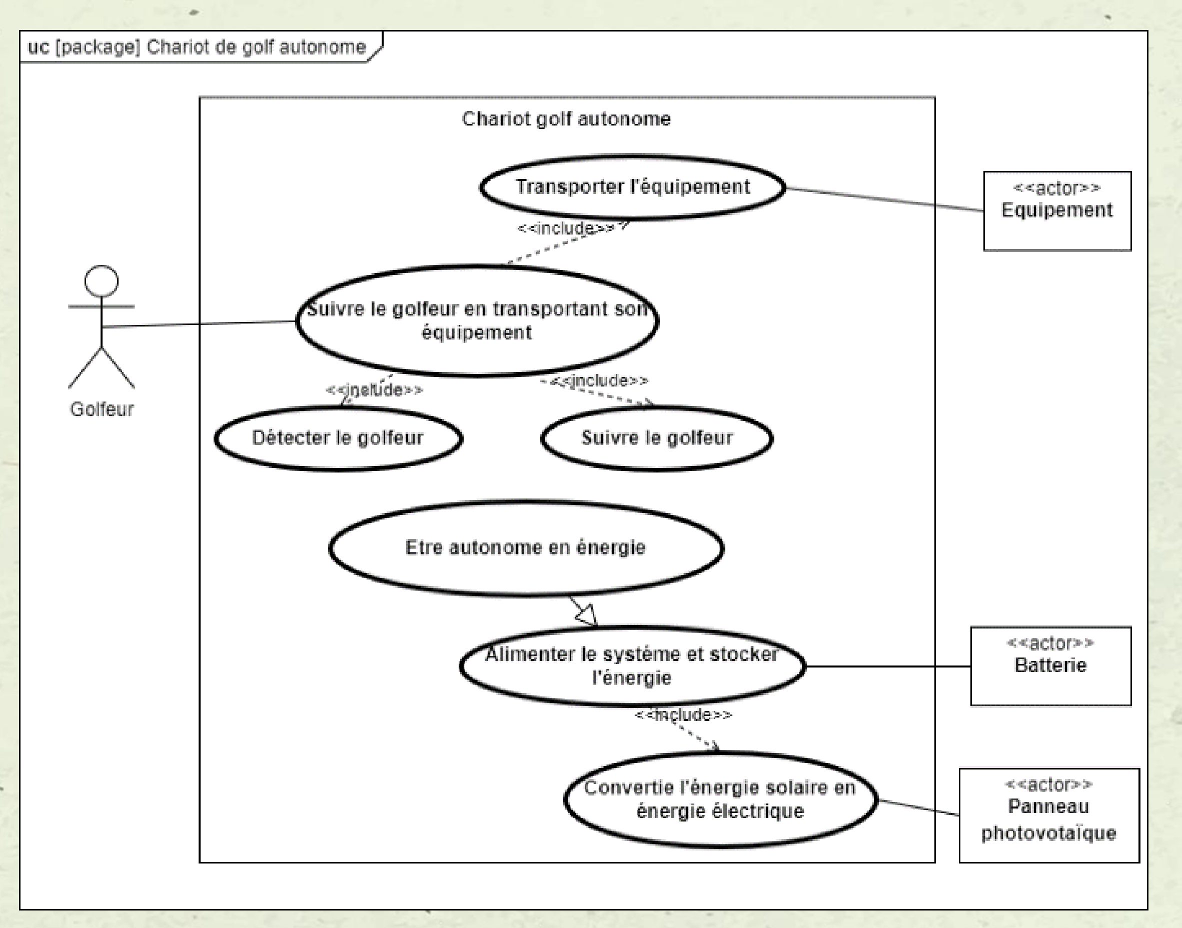



Fig 4 : Diagramme de cas d'utilisation

# Cahier de charge :

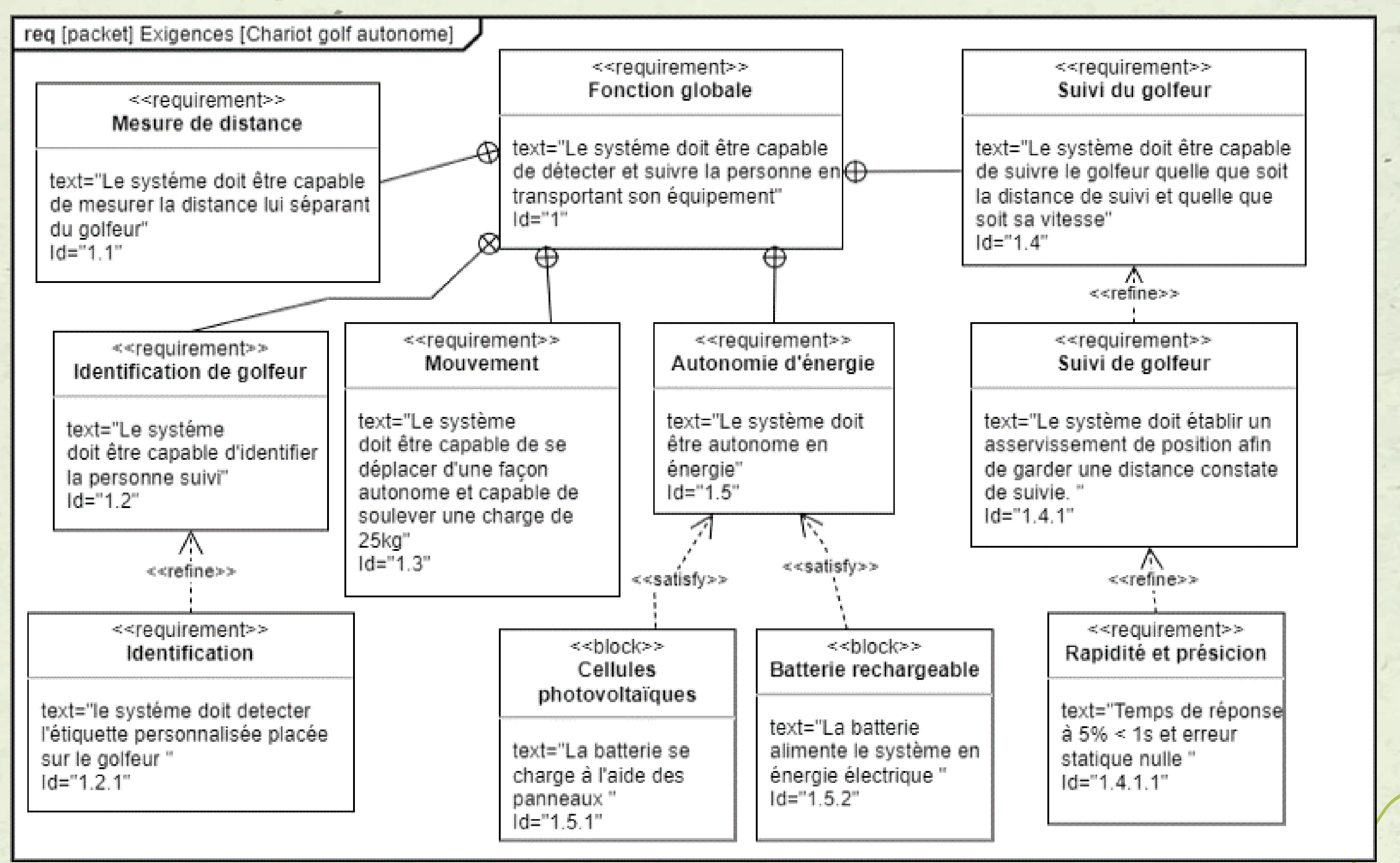



Fig 5 : Diagramme des exigences

# Cahier de charge :

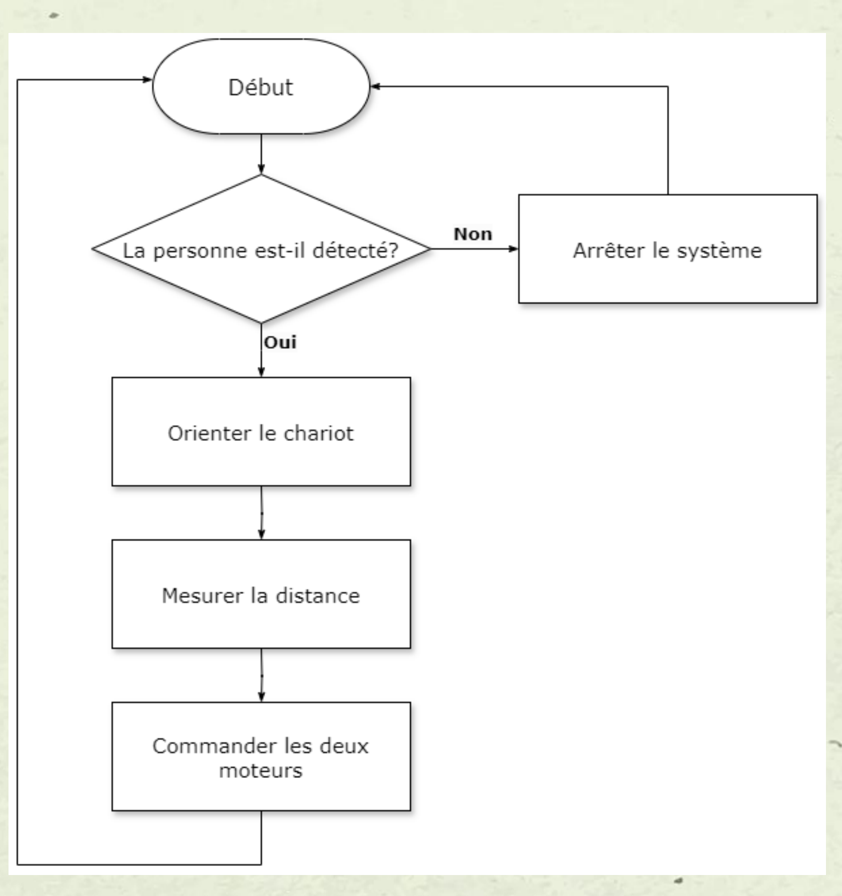



Fig 6 : Organigramme de fonctionnement

# Objectifs



1-Mesure de distance



2-Détection du golfeur



3-Orientation du chariot



4-Alimentation du système



# 1-Mesure de distance :

Distance de suivie

Quel capteur fonctionne mieux pour mesurer la distance en notre cas?



# Mesure de distance par Ultrason «HC-SR04»:

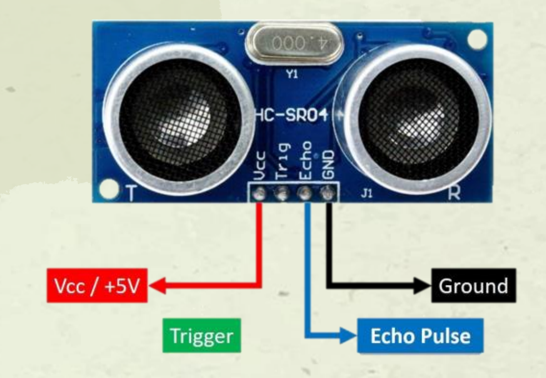


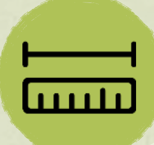

Fig 7 : Capteur Ultrason HC-SR04

| Caractéristique | Valeur |
|---|---|
| Plage de mesure | 2cm à 400cm |
| Résolution de la mesure | Environ 3 mm |
| Angle de mesure efficace | 15 degrés |
| Fréquence des impulsions | 40 kHz |
| Tension d'alimentation | 5V CC |
| Durée minimale de chaque cycle de mesure | Environ 50 ms |

Fig 8 : Tableau de caractéristique du capteur ultrason HC-SR04

Signal HC-SR04
10µS TTL
Broche Trigger
8 impulsions ultrasoniques
Signal ultrason
Temps aller-retour ultrason
Silence
Signal TTL de durée proportionnelle à la distance mesurée
Broche Pulse

Fig 9 : Schéma démonstratif du fonctionnement du HC-SR04



# Mesure de distance par Ultrason «HC-SR04»:

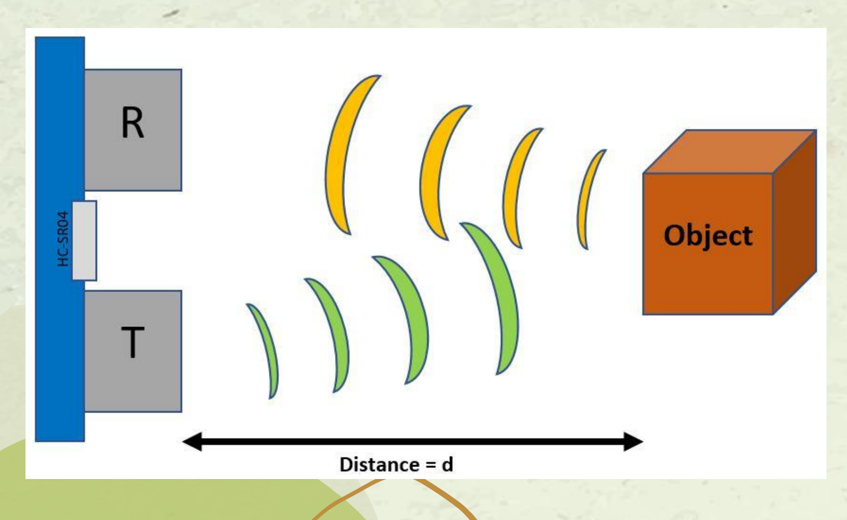



Fig 10 : Schéma démonstratif de détection du HC-SR04

Calcule de la distance :

$$D = C \times \frac{\Delta t}{2}$$

**Avec:**

**C :** Vitesse de son dans l'air égale à environ 340 m/s
**Δt** : le temps qu'il faut à l'écho sonore pour revenir



# Expérience de mesure de distance:

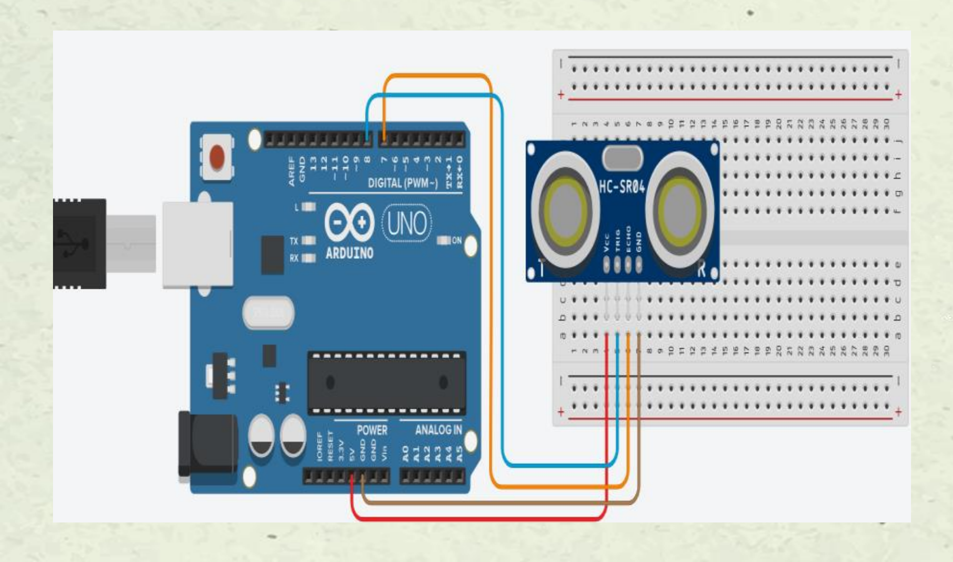



Fig 11 : Circuit utilisée en expérience

Fig 12 : Expérience de mesure distance par HC-SR04



# Résultats de l’expérience : Linéarité

Linéarité des mesures du capteur Ultrason HC-SR04

Distance Mesurée (cm)
Distance Réelle (cm)

Fig 13 : Linéarité du capteur pour valeurs de 1cm à 50 cm

Linéarité des mesures du capteur Ultrason HC-SR04

Distance Mesurée (cm)
Distance Réelle (cm)

Fig 14 : Linéarité du capteur pour valeurs de 1cm à 270 cm



# Résultats de l'expérience : Erreur de mesure

$$\varepsilon = \frac{|Distance_{Réelle} - Distance_{Mesurée}|}{Distance_{Réelle}} \times 100$$

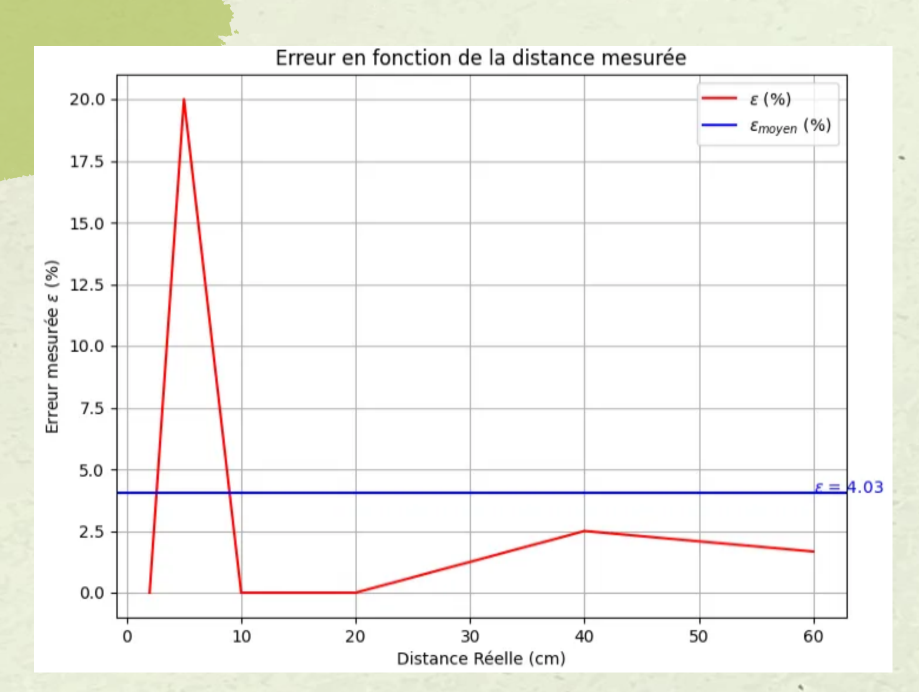



Fig 15 : Erreur relative pour valeurs de 1cm à 50 cm

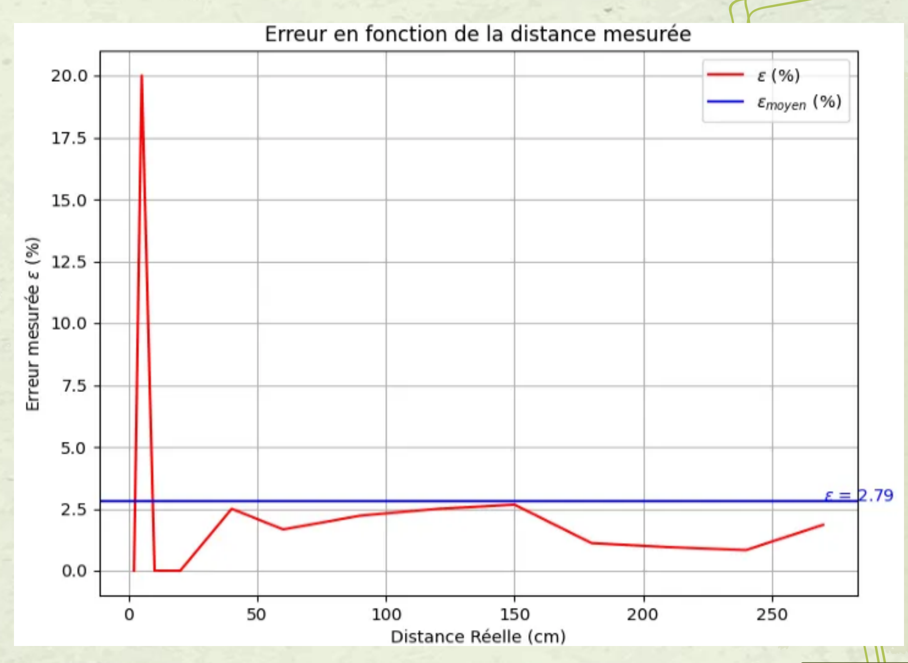



Fig 16 : Erreur relative pour valeurs de 1cm à 50 cm



# Expérience de détermination de cône de mesure

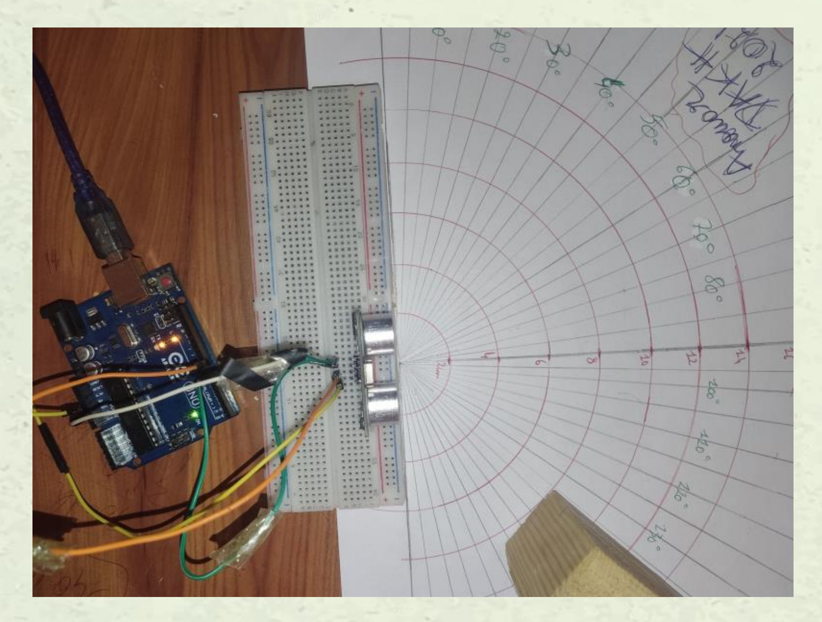


Fig 17 : Montage réel de l'expérience




Fig 18 : Angle de mesure du capteur HC-SR04

## Résultats de l'expérience:

**Cône de mesure ≈ 20°**



# Mesure de distance par Infrarouge «SHARP GP2Y0A21YK»:

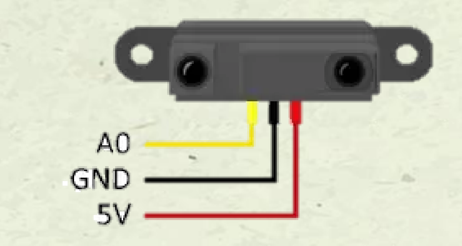



Fig 19 : Capteur SHARP GP2Y0A21YK

| Caractéristique | Valeur |
|---|---|
| Plage de mesure | 10 cm à 80 cm |
| Résolution de la mesure | Environ 5 mm |
| Angle de mesure efficace | 5 degrés |
| Fréquence des impulsions | 38 kHz |
| Tension d'alimentation | 5V CC |
| Durée minimale de chaque cycle de mesure | Environ 16.5 ms |

Fig 20 : Tableau de caractéristique du SHARP GP2Y0A21YK

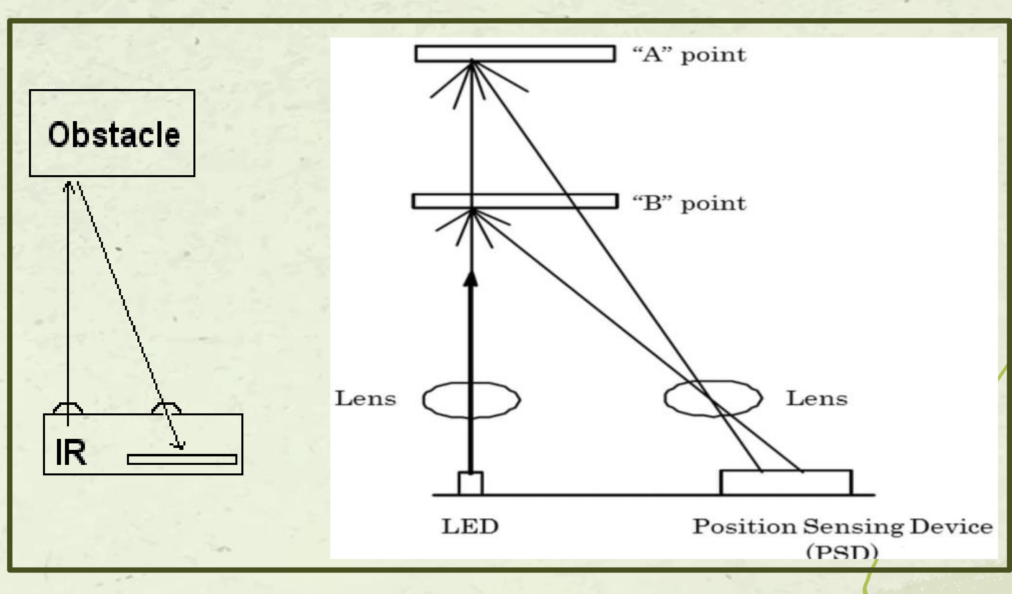



Fig 21 : Schéma démonstratif du fonctionnement du SHARP GP2Y0A21YK



# Choix du capteur de mesure:
# Comparaison de l'ultrason et l'infrarouge

| Catégories | Ultrason - Th | Ultrason - Exp | Infrarouge - Th |
|---|---|---|---|
| Portée (m) | 4.0 | 3.05 | 0.8 |
| Erreur de Mesure (± cm) | 0.875 | 2.79 | 7.5 |
| Cône de Mesure (°) | 30.0 | 20.0 | 5.0 |

Valeurs

Fig 22 : Graphe de comparaison de l'ultrason et l'infrarouge



**Le capteur ultrason HC-SR04 est idéal**



# 2-Détection et identification du golfeur:

Comment le chariot peut-il identifier le golfeur de plusieurs personne ?



# Les technologies de détection et d'identification

| | | |
|---|---|---|
| | OpenCV + | |
| GPS | Traitement d'image | Bluetooth |



# Comment détecter le golfeur?

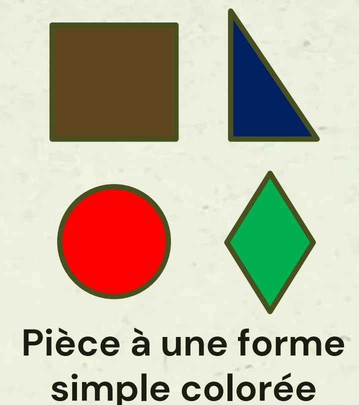
Afin d’identifier une personne spécifique, une étiquette placé sur le golfeur suivi peut être utilisé .



Pièce à une couleur simple



Pièce à une forme simple



Pièce à une forme simple colorée



Code QR



Marqueur ArUco



# Principe de détection de couleur par OpenCV

Entrée : Capture de vidéo par caméra → Obtenir des images de la vidéo → Conversion des images en BGR en espace de couleur HSV → Définir la gamme de chaque couleur et créer un masque correspondant → Transformation morphologique : Dilatation → Détecter les couleurs spécifique et ignorer les autres → Créer des contours pour les couleurs individuelles → Sortie : Détection des couleurs en temps réel.

Fig 23 : Schéma expliquant le principe de détection de couleur par OpenCV

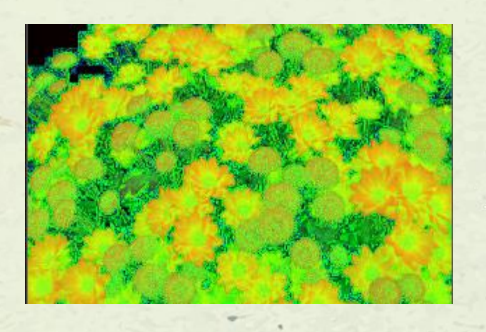


# Principe de détection de couleur par OpenCV

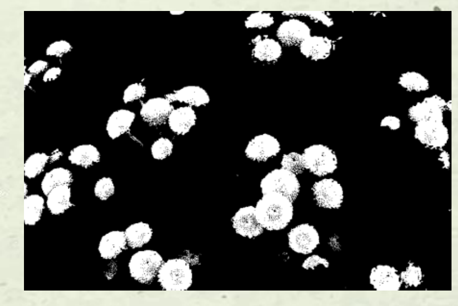




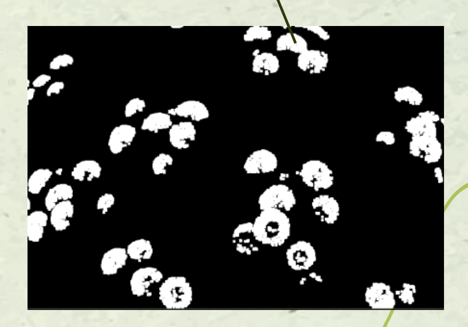

Image en BGR (RGB inversé)



Conversion vers espace de couleurs HSV



Masquage de couleur à détecter par intervalles (H,S,V)



Isolation de la couleur par des opérations morphologiques



# Résultats de détection de couleur

En détectant les contours des taches blanches, on obtient les coordonnées de position de la couleur sur le plan de la caméra




Fig 24 : Résultat final de détection de la couleur vert



# Expérience de détection de couleur

## Etiquette à une seule couleur

```
Etiquette detecté à x: 279.9992980957031, y: 344.88677978515625
Etiquette detecté à x: 279.9992980957031, y: 344.88677978515625
Etiquette detecté à x: 279.9992980957031, y: 344.88677978515625
Etiquette detecté à x: 280.1640930175781, y: 344.889892578125
Etiquette detecté à x: 279.9992980957031, y: 344.88677978515625
Etiquette detecté à x: 279.9701843261719, y: 345.3744201660156
Etiquette detecté à x: 280.3727722167969, y: 345.4050598144531
Etiquette detecté à x: 280.3727722167969, y: 345.4050598144531
Etiquette detecté à x: 280.52142333984375, y: 345.8966369628906
Etiquette detecté à x: 279.9992980957031, y: 344.88677978515625
Etiquette detecté à x: 280.3363342285156, y: 345.89312744140625
Etiquette detecté à x: 280.3363342285156, y: 345.89312744140625
Etiquette detecté à x: 279.9701843261719, y: 345.3744201660156
Etiquette detecté à x: 280.14190673828125, y: 345.3777160644531
Etiquette detecté à x: 279.9925231933594, y: 345.0
Etiquette detecté à x: 279.7727355957031, y: 344.5
Etiquette detecté à x: 279.7727355957031, y: 344.5
Etiquette detecté à x: 279.6194152832031, y: 344.5
Etiquette detecté à x: 279.5970153808594, y: 344.0
Etiquette detecté à x: 279.5970153808594, y: 344.0
Etiquette detecté à x: 279.5970153808594, y: 344.0
Etiquette detecté à x: 279.5970153808594, y: 344.0
Etiquette detecté à x: 279.900390625, y: 344.4148254394531
Etiquette detecté à x: 279.900390625, y: 344.4148254394531
Etiquette detecté à x: 279.9626770019531, y: 344.5
Etiquette detecté à x: 279.9626770019531, y: 344.5
```

Fig 25 : Résultat réelle de détection d’étiquette de couleur vert en temps réel



# Principe de détection de formes par OpenCV

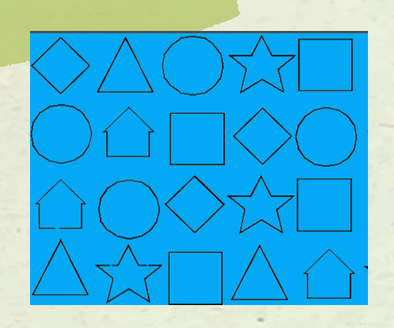
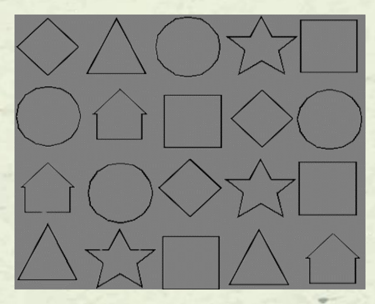
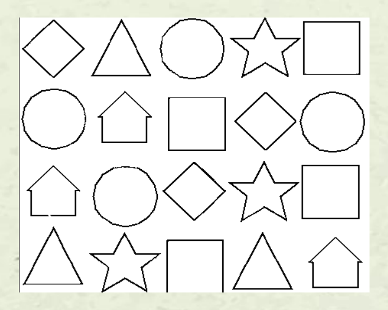


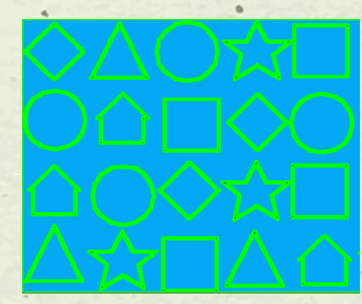
Image normale



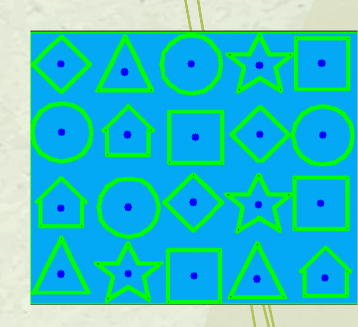
Conversion en niveau gris



Application de seuillage



Trouver les contours



Trouver les centres



# Expérience de détection de formes

## Etiquette à une forme unique

Fig 26 : Résultat réelle de détection d'étiquette de forme triangle en temps réel

**Mauvaise détection**

**On ajoute la couleur spécifique de la forme géométrique pour avoir une meilleure détection**



# Expérience de détection de formes

## Etiquette à une forme unique à couleur spécifié

```
centre du triangle à: (496, 287)
centre du triangle à: (496, 287)
centre du triangle à: (495, 287)
centre du triangle à: (495, 286)
centre du triangle à: (496, 286)
centre du triangle à: (496, 285)
centre du triangle à: (496, 285)
centre du triangle à: (496, 284)
centre du triangle à: (495, 283)
centre du triangle à: (495, 283)
centre du triangle à: (496, 283)
centre du triangle à: (496, 283)
centre du triangle à: (495, 282)
centre du triangle à: (496, 282)
centre du triangle à: (497, 281)
centre du triangle à: (497, 282)
centre du triangle à: (497, 281)
```

Fig 27 : Résultat réelle de détection d’étiquette triangulaire de couleur jaune en temps réel



# Résultats des expériences:

## Etiquette à une seule couleur et étiquette couleurs multiples :

**Requis :** Illumination uniforme + Absence des objets de même couleurs

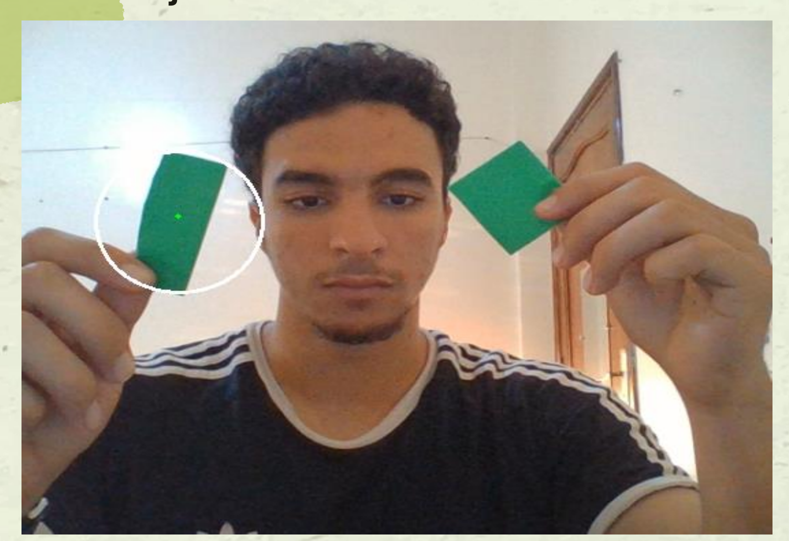


Fig 28 : Détection d'étiquette fausse

**Requis :** Illumination uniforme+ Absence des objets de même forme et couleur



Fig 29 : Etiquette non détecté

**Identification et suivi possible mais pas fonctionnel en vie réelle.**



# Code QR ou marqueur ArUco?



Fig 30 : Code QR à clé «  chariot autonome »

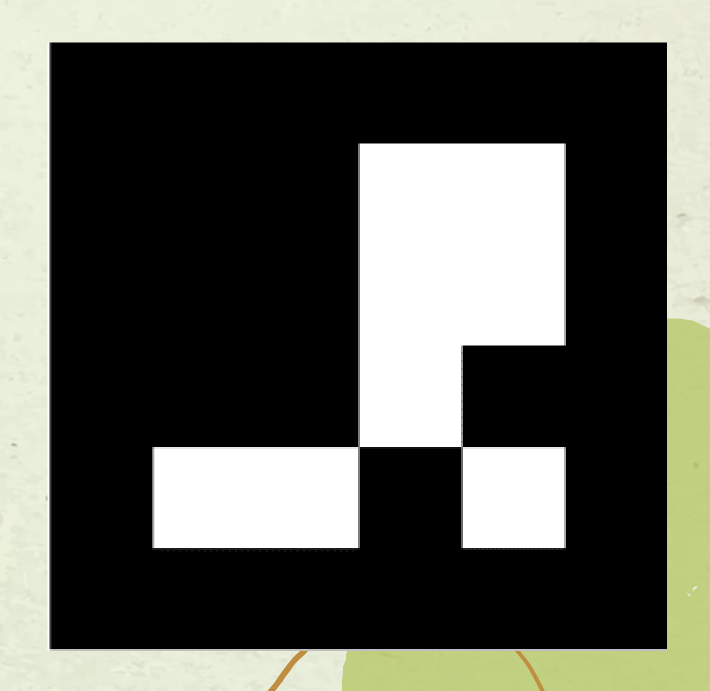


Fig 31 : Marqueur ArUco à id 2



# Détection du marqueur ArUco

**On utilise la fonction *cv2.aruco.detectMarkers()* de la bibliothèque *OpenCV* afin de :**

1) Identifier les marqueurs ArUco en récupérant les coordonnées des quatre coins.
2) Décoder l'identifiant contenu dans ces marqueurs.



# Expérience et résultats de détection de code QR

Fig 32 : géneration de code QR

Fig 33 : Résultat réelle de détection d'étiquette markeur ArUco en temps réel

- Ne nécessite pas une illumination uniforme
- Fausse détection improbable à cause du texte codée



**Identification et suivi par marqueur ArUco est idéal pour application réelle .**



# 3-Asservissement de position

Comment peut-on orienter le chariot vers la personne détecté?



# Mesure de l’angle θ

Calcule de l’angle **θ** :

$$\theta = \arctan\left(\frac{x}{D}\right)$$

**Avec:**

**θ :** Angle d'orientation de l'utilisateur (dégrée)

**x :** Abscisse du centre de l'étiquette détectée (cm)

**D** : Distance de suivie mesurée par l'ultrason (cm)

Fig 34 : Schéma explicatif de mesure de **θ**



# Orientation du robot grâce à l'angle θ

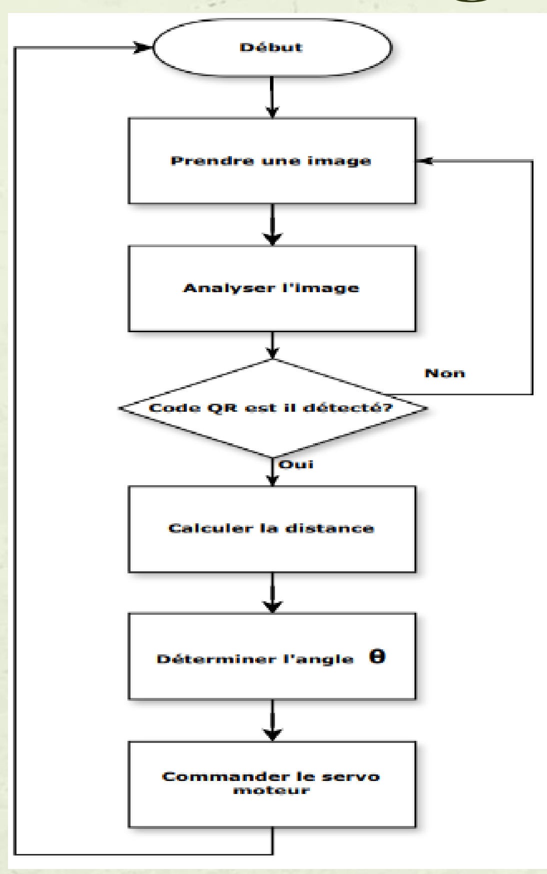



Fig 35 : Organigramme de fonctionnement



# 4-Alimentation du système :





Comment peut-on alimenter le robot chariot pour qu'il puisse fonctionner suffisamment longtemps sans interruption?



# Dimensionnent de batterie

## Capacité de la batterie:

$$C = \Delta t \times I$$

**Avec:**

**C** : Capacité de batterie en Ah
**Δt** : durée de fonctionnement en h
**I** : intensité totale du courant consommé

$$\mathbf{I} = \sum I_i = 1.252A$$

**Donc la capacité de batterie nécessaire pour un fonctionnement de 6h est :**

$$C = 7.512Ah$$

| Composant | Courant max consommé | Tension max consommé |
|---|---|---|
| Arduino UNO | 100 mA | 5 V |
| 2 Motoréducteurs | 2x 250 mA | 2x 12 V |
| Servo moteur | 240 mA | 9 V |
| Ultrason HC-SR04 | 15 mA | 5 V |
| Camera ESP32 | 400 mA | 3.3 V |



# Dimensionnement de panneau solaire

Enérgie nécessaire :

$$E = C \times V = 90.114\ \mathrm{Wh}$$

Enérgie nécessaire en considérant les pertes :

Efficacité de batterie=85% , Efficacité des panneau=75%
Efficacité totale=e=63.75%

$$E_t = \frac{E}{e} = 141.38\ \mathrm{Wh}$$

Puissance requise :

Heures d'ensoleillement moyen par jour à Agadir : T=5h

$$P = \frac{E}{T} = 28.28\ \mathrm{W}$$



# Alimentation du systéme

Afin que le chariot fonctionne au moins 6h par jour on a besoin de :



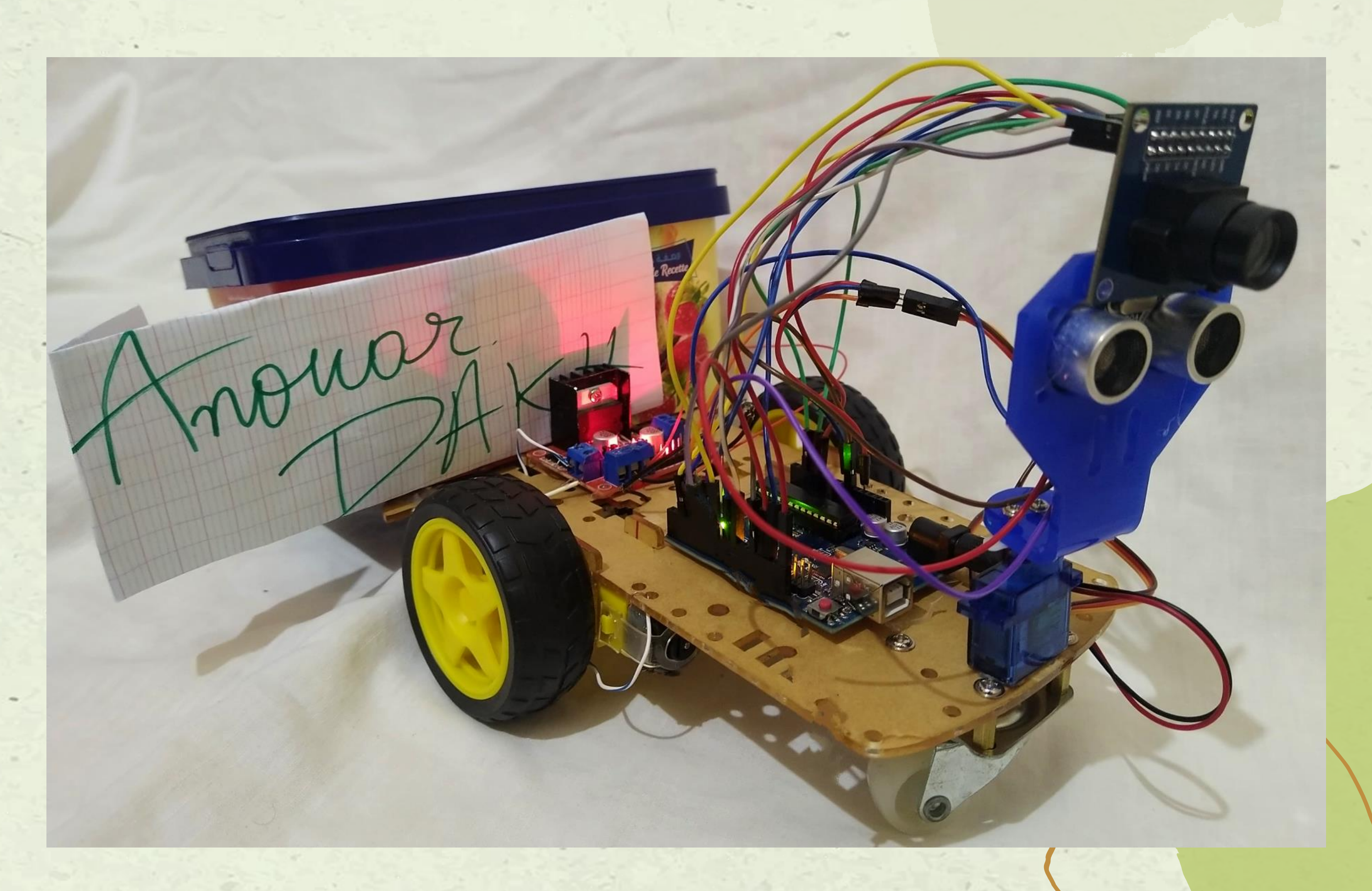


Panneau solaire 30W avec S=0.33m²




Batterie Lithium-Ion 8Ah 12V

# Conclusion



# Merci pour votre attention